

PROCESSOS DE DESSALINIZAÇÃO DE ÁGUA SALOBRA NO SEMIÁRIDO E REAPROVEITAMENTO DO RESÍDUO SALINO

Patrícia Nazaré Ferreira dos Santos¹
Edja Lillian Pacheco Luz²
Marília Costa de Medeiros³

RESUMO

A dessalinização de água salobra de diferentes fontes de água como poços, rios e açudes é uma tecnologia social de convivência com a seca bastante utilizada para abastecer as comunidades rurais do semiárido brasileiro com água potável destinada ao consumo humano, consumo animal, e irrigação de áreas rurais. No entanto, durante o processo de dessalinização também é gerada uma água residuária (rejeito) altamente salina que pode gerar sérios impactos ambientais negativos. Sendo assim, esse trabalho através de uma ampla pesquisa de estudos científicos recentes e ações governamentais de interesse público se propõe a apresentar tecnologias alternativas no processo de dessalinização para o abastecimento de comunidades no semiárido nordestino, além de indicar fins viáveis para o resíduo salino gerado visando não apenas oferecer vantagens ao produtor rural mas também ao meio ambiente.

Palavras-chaves: Salinidade, Comunidades Rurais, Abastecimento.

INTRODUÇÃO

A região nordeste do Brasil é a mais afetada quanto aos aspectos ligados a disponibilidade de água potável, além de ser caracterizada por condições semiáridas, como baixa precipitação pluviométrica (cerca de 350 mm/ano) há também as características geoambientais da região, como a presença do escudo cristalino em cerca de 70% da superfície do Semi-Árido nordestino (o que dificulta o acúmulo de água no seu subsolo), da topografia, pela insuficiência de boqueirões para serem fechados, e das secas que costumeiramente assolam a região (FUNDAJ, 2019; CELLI, 2017, p. 34).

Atualmente, o Semiárido brasileiro é uma das principais regiões afetadas pela crise hídrica no mundo, provocada pela escassez contínua de água em períodos específicos do ano, assim como na região central do País (entre maio e setembro) (ANA, 2017). Uma das alternativas tecnológicas de convívio com o Semiárido é o uso de práticas como a irrigação suplementar, que ocorre com a aplicação de uma quantidade de água que permita a

¹Mestranda do Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, san_patty@hotmail.com;

²Mestra em Engenharia Ambiental da Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, lillian2800@hotmail.com;

³Mestra em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, mariliamedeiros@hotmail.com.br;

sobrevivência das plantas na agricultura de sequeiro durante o período de falta de chuva (SANTOS, et. al., 2015, p.70).

Essa realidade é ainda mais preocupante pelo fato de que em pouco mais de duas décadas, o mundo terá nove bilhões de pessoas e o consumo de água aumentará 30% segundo dados da ANA (2019). Logo, haverá necessidade de produzir 50% a mais de alimentos, sendo que hoje apenas 1,7% da água é destinada para o abastecimento rural, como representado na Figura 1.

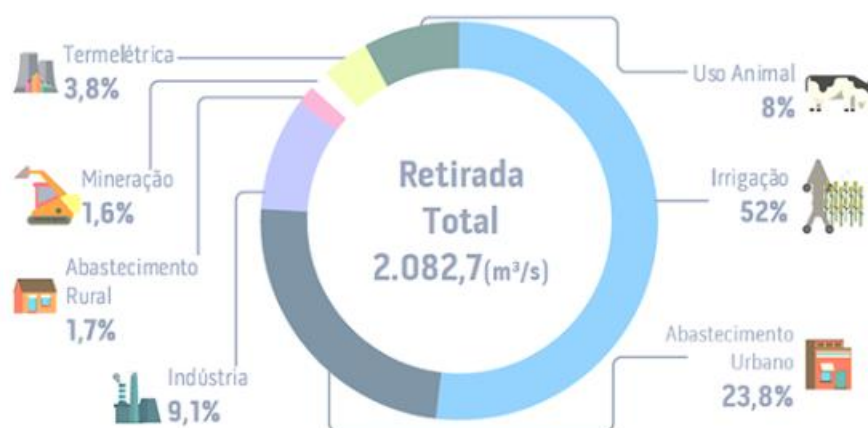


Figura 1. Destinação e uso da água por setor no Brasil. Fonte: ANA, 2019.

À medida que a escassez de água se agrava a procura de tecnológicas alternativas de convívio aumenta proporcionalmente. Uma das alternativas utilizadas para transformar as águas com alto grau de salinidade em água propícia ao consumo é o uso de dessalinizadores na região do Semiárido. A dessalinização é definida como um processamento físico-químico, no qual, ocorre a separação em grande parte dos sais minerais dissolvidos na água salobra, consistindo na retirada de 95 a 98% dos sais minerais existentes, deixando a água com um teor de sais reduzidos e potável, pronta para o consumo da população (VILLES et. al., 2019, p.221). Apresenta-se na Figura 2 o processo esquemático de dessalinização da água.



Figura 2. Esquema Geral do Processo de Dessalinização. Fonte: ARAÚJO(2013) p. 10.

Assim, o presente trabalho se propõe a apresentar tecnologias alternativas, bem como o tratamento e destinação de rejeitos da água residuária com foco na sustentabilidade do processo de dessalinização, visando a destinação correta do rejeito gerado de modo a oferecer vantagens ao produtor rural e ao meio ambiente.

METODOLOGIA

O presente estudo baseia-se em uma pesquisa bibliográfica na literatura acadêmica e pesquisa documental sobre o tema da dessalinização da água salgada e salobra, além das tecnologias existentes, e tratamentos e destinação adequada de rejeitos de água salobra, através de estudos e consulta à base de dados SCIELO de artigos científicos, trabalhos de dissertações além de informações obtidas em sites de órgãos governamentais.

DESENVOLVIMENTO

Diversas tecnologias são utilizadas para que a dessalinização de águas salgadas ou salobras aconteça:

a) destilação solar: utiliza-se da energia solar onde aquece a água salina que passa para o estado de vapor e se torna doce depois que se condensa, a água então é resfriada no condensador e retorna ao estado líquido sem contaminantes e é canalizada para outro reservatório. A viabilidade socioeconômica da técnica de dessalinização solar e desinfecção das águas se dá pelo fato de: deter baixos custos de construção e manutenção; ser de fácil operacionalização; por ser uma técnica simples e de fácil disseminação social, possibilitando tanto o uso coletivo, quanto individual. A Figura 3 demonstra alguns tipos de dessalinizadores solares (SILVA, 2017, p.34-35).



Figura 3. Dessalinização e desinfecção de águas através de dessalinizadores solar. Fonte: SILVA,(2017) p.34.

b) destilação multi-estágios: a água salobra ou salgada (Figura 4) é aquecida até o estado de vapor, a câmara evacuada por onde passa possui um sistema de resfriamento onde ocorre assim a condensação da água sem os sais e cuja pressão é diminuída abruptamente (ALBANO, 2018).

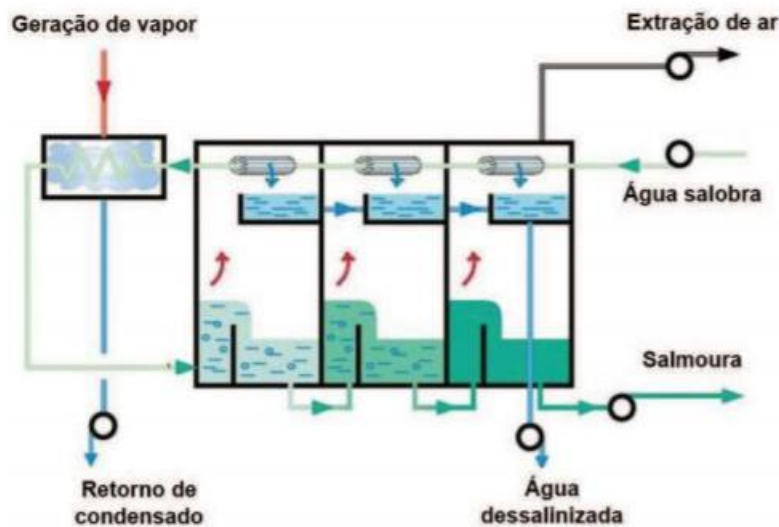


Figura 4. Princípio operacional da destilação em Multiestágios. Fonte: ALBANO(2018) p. 26.

c) eletro-diálise: a eletrodiálise é um processo onde, uma determinada quantidade de água salgada é colocada num recipiente onde existem dois pólos alimentados por energia elétrica. As moléculas de cloreto de sódio dissociam-se em íons, indo os de sódio para o pólo negativo e os de cloro para o pólo positivo (SANTOS, et. al. , 2017, p. 59). A Figura 5 abaixo ilustra esquematicamente o uso da eletrodiálise para dessalinização.

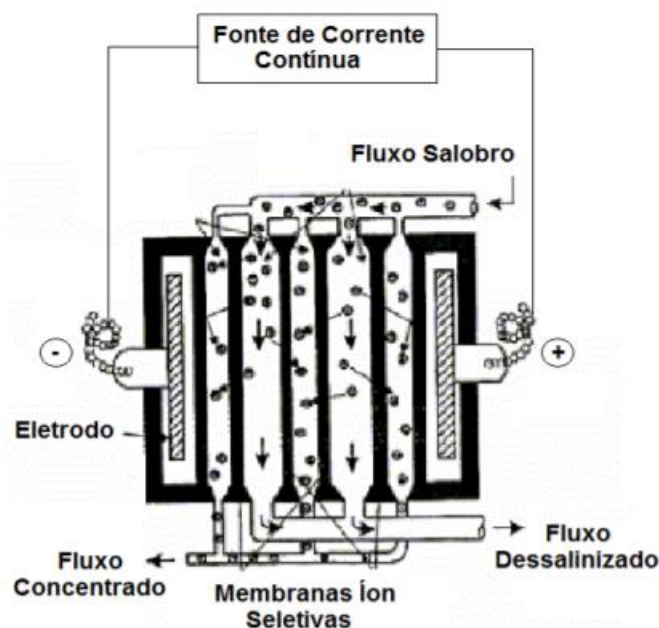


Figura 5. Esquema Eletrodialise. Fonte: ALVES(2017) p. 7.

d) osmose reversa: está baseada no processo técnico que visa dessalinizar a água salobra por meio da pressão da água sobre membranas poliméricas, através da qual a água irá passar e os sais ficarão retidos. Sua eficiência depende de variáveis como temperatura, pressão, pH, concentração de sal e rendimento (CAETANO; ROMEU E SILVANETO 2018, p. 372-373). A Figura 6 mostra o protótipo experimental de dessalinizador por Osmose Reversa para o tratamento de água salobra para consumo humano e irrigação em áreas rurais.



Figura 6. Fotografia do protótipo experimental do dessalinizador por Osmose Reversa. Fonte: CAETANO; ROMEU E SILVA NETO (2018) p. 376.

e) destilação a vácuo: submetendo a água salgada ao vácuo a sua temperatura de ebulição diminui, logo a água evapora a uma baixa temperatura, condensando-a em seguida sem a presença dos sais.

f) congelamento: congelando-se a água forma-se os cristais de gelo e estes são separados da salmoura (CELLI, 2017, p.35).

Mesmo que todas as tecnologias citadas acima produzam água doce, existem diferenças em seus custos e estes variam influenciados por fatores como energia, tamanho do equipamento, qualidade da água abastecida, automação, controle, etc (BEZERRA, et. al. 2019, p. 109). Os sistemas de dessalinização que incorporam energia renovável estão longe de seu potencial final. O custo dos painéis fotovoltaicos é hoje o principal entrave para a adoção dessa tecnologia (ALVES, 2017).

Os efeitos dos íons salinos encontrados nos rejeitos dos sistemas de salinização podem provocar a erosão no solo e a diminuição da disponibilidade de água para as plantas.

O Programa Água Doce (PAD), do Ministério do Meio Ambiente (MMA), investe em sistemas de dessalinização e em pesquisa sobre sistemas de dessalinização, porém esta tecnologia gera rejeitos, que necessitam de investimentos em pesquisas sobre o tratamento dos mesmos. Um esquema exemplificando os processos de dessalinização em uso e em desenvolvimento é mostrado na Figura 7.



Figura 7. Processos de dessalinizadores em uso e em desenvolvimento. Fonte: BEZERRA et. al. (2019), p. 108.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através do Programa Água Doce (PAD), ações do Governo Federal, coordenadas pelo Ministério do Meio Ambiente em parceria com instituições federais, estaduais, municipais e sociedade civil, visam estabelecer uma política pública permanente de acesso à água de qualidade para o consumo humano, incorporando cuidados técnicos, ambientais e sociais na implantação, recuperação e gestão de sistemas de dessalinização de águas salobras e salinas (MMA, 2012). O programa está estruturado em quatro componentes: gestão, pesquisa, sistemas de dessalinização e sistemas produtivos/unidades demonstrativas. Os componentes estão resumidos no Quadro 1.

Quadro 1. Componentes do PAD.

COMPONENTE DO PAD	DESCRIÇÃO
GESTÃO	Formação de recursos humanos; diagnósticos técnico e ambiental; sistema de informações; mobilização social; sustentabilidade ambiental; apoio ao gerenciamento; sistema de monitoramento; operacionalização e manutenção dos sistemas (BRASIL, 2012).
PESQUISA	Direcionado, no primeiro momento, ao desenvolvimento de tecnologia nacional para a produção das membranas responsáveis pela separação do sais no equipamento de dessalinização, assim como à otimização do sistema de produção de plantas halófitas (que se alimentam de sais), aquicultura e nutrição animal (BRASIL, 2012).
SISTEMAS DE DESSALINIZAÇÃO	Compõem o sistema de dessalinização: poço tubular profundo, bomba do poço, reservatório de água bruta, abrigo de alvenaria, chafariz, dessalinizador, reservatório de água potável, reservatório e tanques de contenção de concentrado (BRASIL, 2012).
SISTEMAS PRODUTIVOS/UNIDADES DEMOSTRATIVAS	Sistema de produção integrado onde são realizadas visitas, exposições, aulas e demonstrações do processo produtivo com o objetivo de replicação do modelo (BRASIL, 2012).

Fonte: MOCOCK, et. al.(2018) p. 107.

O PAD construiu 65 unidades instaladas para populações de pequenas comunidades com baixa renda do Semiárido, a maioria em Pernambuco, na Paraíba e no Rio Grande do Norte, utilizando a técnica de dessalinização por Osmose Reversa. A usina pioneira para fornecimento público de dessalinização de água de mar, com tecnologia nacional, está

localizada em Fernando de Noronha, no estado de Pernambuco, desde abril de 2004 (VILLES, et. al., 2019, p. 226).

Em nível mundial o Oriente Médio detém o primeiro lugar na obtenção de água dessalinizada, com a maior central em expansão localizada em Ashkelon (Israel), sendo a maior instalação de usina dessalinizadora do mundo por Osmose Reversa, e um dos mais experientes países que reutiliza quase 60% desse recurso na irrigação (VILLES, et. al., 2019, p. 225).

A destinação dos rejeitos realizada sem critério, pode tornar-se um poluente ambiental, cujo maior impacto é a erosão e salinidade do solo, alterações na fauna e flora do ecossistema aquáticos com diminuição dos níveis de oxigênio. Porém, os impactos podem ser mitigados com planejamento e medidas de proteção ambiental.

Os efeitos causados ao solo e a vegetação pelo rejeito salino resultante da dessalinização são diversos. No solo, o excesso de sais pode causar modificação da estrutura, que futuramente pode gerar erosão; os sais em altas concentrações causam aumento do potencial osmótico, que tem como consequência maior retenção de água no solo e menor disponibilidade de água para a planta; em determinados níveis de salinidade, a planta em vez de absorver poderá perder água do seu interior para o solo (BEZERRA, et. al., 2017 p.5).

Outro efeito do aumento da concentração de sais no solo é a toxicidade que podem causar às plantas. De modo geral, a toxicidade é causada pelos íons cloreto, sódio e boro, mas outros íons podem provocar toxicidade em plantas, como é o caso do nitrato, que prejudica o desenvolvimento e desordens fisiológicas em algumas espécies vegetais. Além desses efeitos, os íons salinos podem provocar deficiência ou inibir a absorção de outros íons essenciais para o desenvolvimento das plantas (SOUZA, 2015, p. 31-32).

Uma alternativa para lidar com os rejeitos salinos são tecnologias para o tratamento de rejeitos: O aproveitamento do rejeito da dessalinização em solução nutritiva em cultivos hidropônicos de hortaliças como realizado por Santos et al. (2010); a criação de tilápia do gênero *Oreochromis*; a erva-sal como fonte de alimento para caprinos; macrófitas flutuantes, da espécie *Eichhornia crassipes* (Mart.). *Solms* (Pontederiaceae) que é conhecida popularmente como aguapé com potencial despoluidor de macrófita aquática possui grande capacidade de retenção de nutrientes, metais, sedimentos; associação micorriza (fungo-vegetal) contribuindo com o aumento do desenvolvimento vegetal, em termos de absorção de água e nutrientes (BEZERRA, et. al., 2019).

A escassez de hídrica na região, associada à perspectiva de se ter água de boa qualidade, é uma oportunidade de sensibilizar as pessoas quanto ao uso racional desse recurso, evitando os desperdícios e a degradação ambiental, pois os solos do ambiente semiárido nordestino já apresentam características que favorecem o processo de desertificação quando aliadas a falta de manejo adequado e deposição dos resíduos salinos diretamente no solo podem provocar danos irreversíveis ao ambiente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do atual cenário de escassez no semiárido do nordeste do Brasil, é essencial o desenvolvimento de novos processos de dessalinização das águas atualmente empregadas como solução para o abastecimento das comunidades rurais, alternativas que aliem custo-benefício e não gerem danos ao meio ambiente com o descarte inadequado dos resíduos salinos são de extrema importância.

Atualmente o Programa Água Doce incorpora a sustentabilidade hídrica com boas práticas de conservação de solo e água, ampliando o uso de energia solar fotovoltaica nas técnicas de dessalinização da água. Com a baixa disponibilidade de água no semiárido nordestino, é indispensável sensibilizar as pessoas quanto ao uso racional dos recursos, evitando os desperdícios, e o correto uso e manejo do solo que é a base da agricultura nas comunidades rurais no semiárido.

A Osmose Reversa é apropriada para dessalinizar água salobra de poços, essa técnica é considerada promissora, por ser um processo simples, apresenta baixo investimento em equipamentos e operação, além de amenizar os efeitos da seca tornando disponível a água de boa qualidade para consumo humano, animal e para irrigação suplementar.

O uso do rejeito da dessalinização em cultivos hidropônicos de hortaliças, criação de microalgas com potencial despoluidor, criação de tilápias e o cultivo da erva-sal para alimentação de caprinos são alternativas viáveis e que agregam vantagens ao produtor e apresentam potencial de fonte de renda para as comunidades rurais.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Atlas Irrigação: uso da água na agricultura irrigada. 2017. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/AtlasIrrigacao-UsodaAguanaAgriculturaIrigada.pdf>>. Acesso em 23 set 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Estudo da ANA aponta perspectiva de aumento do uso de água no Brasil até 2030. 2019. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/noticias/estudo-da-ana-aponta-perspectiva-de-aumento-do-uso-de-agua-no-brasil-ate-2030>> Acesso em 23 set 2019.

ALBANO, D. M. **Dessalinização da água subterrânea no município de guaiúba no estado do Ceará**. 2018. 62 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Elaboração e Gerenciamento) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Fortaleza, 2018.

ALVES, G. A. **Uso de eletrodialise para geração de energia elétrica e/ou dessalinização**. 2017. 101 f. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) – Escola Politécnica- Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

ARAÚJO, A. C. S. P. de. **Contribuição para o estudo da viabilidade/sustentabilidade da dessalinização enquanto técnica de tratamento de água**. 2013. 125 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) - Faculdade de Ciências e Tecnologia. Universidade Nova Lisboa, Lisboa, 2013.

BEZERRA, V. R.; LIMA, C. A. P. de; MELO, V. da S; ALBUQUERQUE, M. V. da C, MONTERO, L. R. R. Reutilização de rejeito de dessalinizadores na Paraíba. **MIX Sustentável**, v. 5, n. 1, p. 105-116, 2019.

BEZERRA, E. B. N.; REGO, R. de L. C. M. do; SILVA, I. A. da; MEIRA, C. M. B. S; OLIVEIRA, R. de. Impactos da destinação do rejeito da dessalinização de água subterrânea em uma comunidade de Juazeirinho-PB. **Anais...In.: Congresso Internacional da Diversidade do Semiárido- CONIDIS1.**, 2017, Campina Grande. Campina Grande: Editora Realize, 2017. Disponível em: <http://www.editorarealize.com.br/revistas/conidis/trabalhos/TRABALHO_EV064_MD1_SA5_ID2314_19102016155217.pdf> Acesso 31 out 2019.

CAETANO, E.; SILVA NETO, R. E. Desenvolvimento de protótipo experimental de dessalinizador por osmose reversa para o tratamento em água salobra em áreas rurais. **Águas Subterrâneas**, v. 32, n. 3, p. 372-379, 2018.

CELLI, R. Modelos de dessalinização e sua eficiência: comparativo entre tecnologias. Gestão, Tecnologia e Inovação. **Revista Eletrônica dos Cursos de Engenharia**. v. 1, n. 1, p. 31-38, 2017.

CORREA, R. G.; ALMEIDA, M. H. K. de. Dessalinização da água do mar como solução para a segurança hídrica: abastecimento de água para o consumo humano e destinação final do efluente líquido gerado. **Anais eletrônicos...In.: Congresso Brasileiro de Defesa do Meio Ambiente**, 11., 2015, Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Clube de Engenharia, 2015. p. 138-151. Disponível em: <<http://portalclubedeengenharia.org.br/arquivo/1438710974.pdf>>. Acesso em 23 set 2019.

FUNDAÇÃO JOAQUIM NABUCO (FUNDAJ). A má distribuição da água no Brasil. 2019. Disponível em: <<https://www.fundaj.gov.br/index.php/artigos-joao-suassuna/9469-a-ma-distribuicao-da-agua-no-brasil>>. Acesso 1 nov 2019.

Ministério do Meio Ambiente (MMA). Programa Água Doce planeja 2018. 2017. Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/informma/item/14521-noticia-acom-2017-12-2749.html>> Acesso 23 set 2019.

MOCOOCK, J. F. B.; PESSÔA, C. N.; RABBANI, E. R. K. Estudo dos métodos de dessalinização de águas subterrâneas: proposta mais adequada para abastecimento de populações difusas do semiárido brasileiro. In.: **FÓRUM AMBIENTAL DA ALTA PAULISTA**, 14., 2018. Anais eletrônicos...Tupã: FCE/ UNESP, 2018. Disponível em:<<https://www.amigosdanatureza.org.br/eventos/data/inscricoes/3774/form217412785.pdf>>. Acesso 23 set 2019.

NEVES, A. L. R.; ALVES, M. P.; LACERDA, C. F.; GHEYI, H. R. Aspectos socioambientais e qualidade da água de dessalinizadores nas comunidades rurais de Pentecoste-CE. **Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 12, n. 1. p. 124-135, 2017.

SANTOS, A. N.; SOARES, T.M.; SILVA, E.F.F.; SILVA, D.J.R.; MONTENEGRO, A.A.A. Cultivo hidropônico de alface com água salobra subterrânea e rejeito da dessalinização em Ibimirim, PE. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 9, p. 961-969, 2010.

SANTOS, M. D. S. ANJOS, J. B.; PEREIRA, L. Irrigação suplementar de salvação na produção de frutíferas em barragem subterrânea. In: **Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA SEMIÁRIDO, 10., 2015, Petrolina. Anais... Petrolina: Embrapa Semiárido, 2015., 2015.

SANTOS, R. R.; VIER, L. C.; BARBOSA, D. A. R.; SILVA, J. M.; HAMMES, R. F. Aplicação de tecnologia na remoção de sal da água por meio de membranas. **Revista GEDECON-Gestão e Desenvolvimento em Contexto**, v. 5, n. 1, p. 57-61, 2017.

SILVA, J. A. L. 2017. 87 f. **Dessalinizador solar com condensador acoplado para produção de água potável no semiárido brasileiro**. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) - Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2017.

SOUZA, F. F. de. **Estudo da viabilidade e sustentabilidade da dessalinização enquanto técnica de tratamento de água no semi-árido**. 2015. 35 f. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Civil) - Faculdade Capixaba da Serra. Serra, 2015.

VILLES, V. S.;VELHO, J. P.; CHRISTOFARI, L. F.; LAZZARI, R. Água como bem econômico: dessalinização para o combate da escassez hídrica no agronegócio. **Multitemas**, v. 24, n. 57, p. 217-231, 2019.